

Raupe oder Reifen?

Vergleichstest Besonders bei Mähdreschern, aber auch bei Traktoren stellt sich oft die Frage: Raupe oder Reifen? Gerade in Bezug auf Bodenschonung werden der Raupe oft Vorteile gegenüber einem Reifen zugesprochen. Das französische Institut Irstea kommt zu etwas anderen Ergebnissen.

Wenn Fahrzeuge und besonders Mähdrescher immer größer werden, müssen auch die Reifen mitwachsen. Doch dem Wachsen setzen Gesetzgeber Grenzen. Die Breite eines Mähdreschers darf nach Möglichkeit 3,50 m nicht überschreiten. Also dürfen die Reifen nicht mehr breiter werden. Für den Bodendruck ist aber die Kontaktfläche eine wichtige Größe. Deshalb verfügen



Schneller Überblick

Was ist bodenschonender, das Raupenfahrwerk oder der moderne IF-Reifen? Wir haben zusammen mit dem Institut Irstea und Michelin den Bodendruck auf festem Untergrund und auf Sand gemessen:

- Das Raupenfahrwerk zeigt deutliche Druckspitzen unter den Laufrädern.
- Die Reifen haben eine gleichmäßige Druckverteilung.
- Je geringer der Fülldruck, desto geringer der Bodendruck.
- Auf festem Untergrund zeigt die Raupe beim Bodendruck keine Vorteile gegenüber dem IF-Reifen.
- Auf dem Sandbett liegen Raupenfahrwerk und IF-Reifen mit angepasstem Reifeninnendruck fast gleich auf.

moderne Reifen über eine längere Aufstandsfläche bei gleicher Breite.

Mehr Tragkraft bei gleicher Breite

Der Reifen muss stärker einfedern und sich länger machen. Dieses wird mit der IF-(improved flexion)-Bauart, also mit einer größeren Flexibilität der Reifenflanke erreicht. Zudem gibt es mit dem CFO (Cy-



Am Mähdrescher werden für die Messungen des Bodendrucks die Testreifen der Größe IF-900/60 R 38 montiert.

clid Field Operation)- oder CHO (Cyclic Harvest Operation)-Standard eine neue ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organisation)-Norm. Bei wechselnden Belastungen wie beim Mähdrescher oder beim Rübenroder, haben die Reifen eine höhere Traglast als bei gleichmäßiger Last, wie bei einem Traktor. Dies ist möglich, da sich die Reifen, sozusagen immer wieder von der hohen Last erholen können, wenn Phasen mit geringer Last folgen.

Mit der IF- und CFO-Bauart haben vergleichbar gleich große Reifen eine höhere Traglast bei gleichem Fülldruck oder bei gleicher Last kann mit geringerem Reifennendruck und damit größerer Aufstandsfläche gefahren werden.

Eine andere Art die Aufstandsfläche zu vergrößern, stellen die Raupenfahrwerke dar. Statt einer Gleiskette wird im übertragenen Sinn die Lauffläche eines Reifens über die Rollen gespannt. „Ein Raupenfahrwerk ist bodenschonender als ein Reifen“, das hört man oft, wenn die Raupe mit einem Reifen verglichen wird. Das Raupenfahrwerk hat eine größere Aufstandsfläche als der vergleichbare Reifen und muss also bodenschonender sein, so die weit verbreitete Meinung. Doch die Aufstandsfläche ist das eine, die Art, wie die Tragfähigkeit zustande kommt und sich auf den Boden abstützt, das andere. Bei der Raupe werden die Kräfte vom

Das wurde verglichen

	Typ	Fülldruck
1	Reifen IF 900/60 R 38	2,2 bar *
2	Reifen IF 900/60 R 38	1,4 bar **
3	Raupenfahrwerk 762 mm breit	

*= korrekter Luftdruck für Standardreifen für die Last des Mähdreschers; ** korrekter Luftdruck für IF-Reifen für die Last des Mähdreschers

dlz 2013

Gurtlaufband über Rollen abgestützt, beim Reifen trägt das Luftvolumen die Kraft. Also ist auch anzunehmen, dass die Druckverteilung unter einem Reifen gleichmäßiger ist als bei einem Raupenlaufwerk.

Untersuchung bei der Irstea

Dieser Frage hat sich das Institut Irstea in Zusammenarbeit mit Michelin angenommen. Irstea ist ein nationales Institut für Wissenschaft und Technik für Landwirtschaft und Umweltschutz in Frankreich. Für den Vergleich wurde ein New Holland Mähdrescher CR 9070 mit einem 8-reihigen Maispflücker verwendet. Neben der Bereifung IF-900/60 R 38 wurde noch ein 762 mm breites Raupenlaufwerk begutachtet. Der Grund, warum dieses Raupenlaufwerk gewählt wurde ist der einfache Wechsel zwischen Rad und Raupe und die große Verbreitung dieser Raupenlaufwerke.

Die Reifen wurden einmal mit einem Luftdruck von 2,2 bar wie sie standardmäßig benutzt werden und mit dem für einen IF 900/60 R 38 korrekt eingestellten Luftdruck von 1,4 bar gefahren. Siehe Tabelle: *Das wurde verglichen.*

Die Gewichte des Mähdreschers finden Sie in der Tabelle S. 13 „Gewichte des Mähdreschers“. Da das Raupenfahrwerk schwerer ist als das Rad, ist auch Vorderachslast höher. Zusätzlich wurde der Korntank noch mit rund 2,3 Tonnen Getreide beladen.

Einfaches Messprinzip

Verblüffend einfach ist die Technik, mit der die Messungen durchgeführt wurden. Zwei Brückenwaagen mit gramm-genauer Wiegung kamen zum Einsatz. Beide Brückenwaagen sind nur Millimeter voneinander entfernt und bei der Überfahrt von Rad oder Raupe verlagert sich das Gewicht von der einen auf die andere Waage. Die sich daraus ergebenden Kräfte wurden ermittelt und der Bodendruck in bar an dieser Stelle errechnet. Die Messungen fanden einmal auf festen Untergrund statt und einmal auf einem 20 cm hohen Sandbett, das den Ackerboden simulieren soll. Der Mähdrescher fährt bei den Messungen zehnmal mit einer Geschwindigkeit von 0,2 km/h über die Messstelle. Die Entfernung des Mähdreschers wird mit Lasertelemetrie

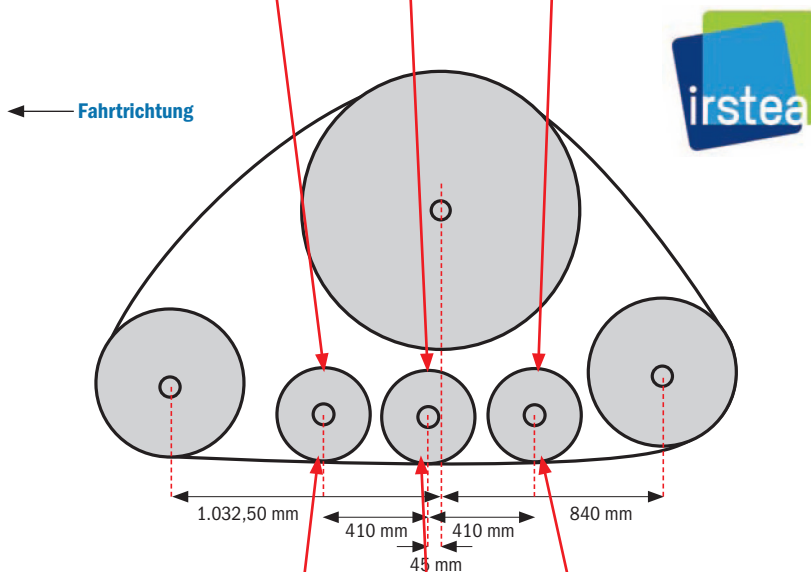
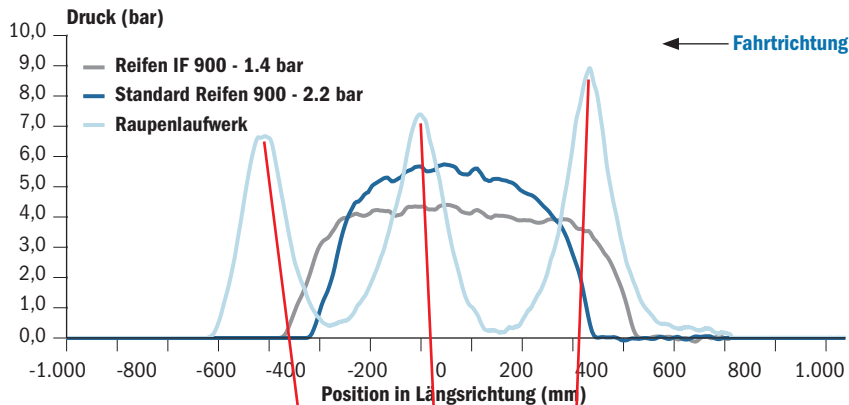


Dieses Raupenfahrwerk mit einer Breite von 762 mm lässt sich problemlos an die Radnabe des Mähdreschers montieren.

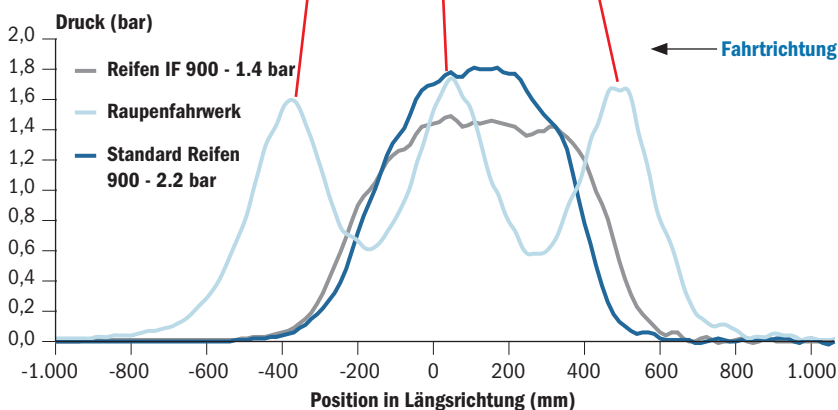
Druckverteilung im Vergleich

Der Bodendruck von einem Raupenlaufwerk mit 762 mm Breite wurde mit einem Ultraflex-Reifen von Michelin mit der Größe 900/60 R 38 verglichen. Der Reifen wurde einmal mit korrektem an die Last angepassten Reifenfülldruck von 1,4 bar gefahren und einmal mit 2,2 bar wie in einem Standardreifen ohne IF-Technologie. Somit hat man sich einmal Reifenmontage gespart, da die Aufstandfläche bei Standard- und IF-Reifen bei gleichem Fülldruck vergleichbar ist. Die Druckverteilung wurde auf festem Untergrund (obere Grafik) und im Sandbett (unten) gemessen.

Druckverteilung auf festem Untergrund



Druckverteilung im Sandbett in 20 cm Tiefe



Quelle: Irstea

dlz 2013

Bodendruck auf dem Feld



Foto: Feuerborn

Mit diesem Messschlitten wird die Verdichtung in 10, 20 und 30 cm Tiefe gemessen.

Um die Messwerte vom Prüfstand mit der Praxis zu vergleichen, wurden mit dem Mähdrescher verschiedene Fahrten mit Raupenfahrwerk und zwei Reifen auf dem Acker durchgeführt. Die Position wurde mit Hilfe eines Präzisions-GPS mit 5-Hertztaktung bestimmt. Anschließend wurde mit einer von Irstea entwickelten Messvorrichtung (OCDS) quer zur den Spuren die Bodenverdichtung bestimmt. Dehnmessstreifen nehmen die Kräfte von drei Stahlklingen mit 10, 20 und 30 cm Länge auf. Aufgrund des Bearbeitungshorizonts und unregelmäßigen Verdichtungen in 30 cm Tiefe wurden nur die Werte mit der 20 cm langen Stahlklinge ausgewertet. Die Messungen zeigten deutlich ein Ansteigen der Kräfte in den von den Fahrwerken verdichteten Spuren. Die Mittelwerte des Reifens 800/70 R 38 mit 2,2 bar wurden als 100-Prozent-Referenz gesetzt. Mit 1,4 bar Luftdruck wurden um 1,5 Prozent geringere Kräfte gemessen, rund 5 Prozent besser war der Reifen IF 900/60 R38. Das Raupenfahrwerk zeigte erstaunlicherweise eine geringfügig höhere Bodenverdichtung als der Standardreifen mit 2,2 bar Luftdruck. Statistische Auswertungen bestätigen aber keine Eindeutigkeit der Messwerte. Das heißt, sie zeigen einen Trend an, aber die Messwerte der einzelnen Testreihen schwanken zu stark um die Mittelwerte. Zu erwarten gewesen wäre aber eine Überlegenheit der Raupe.



Foto: Feuerborn

Mit unterschiedlich langen Stahlklingen lässt sich die Bodenverdichtung bei der Überfahrt bestimmen.



1



3



5



2



4



6

Fotos: Feuerborn

1 Auf zwei hochgenauen Brückenwaagen wurde ein 20 cm hohes Sandbett aufgebracht, um den Ackerboden zu simulieren.

2 Bei der Überfahrt über die Messstelle lassen sich die Kräfte messen und anschließend in den Bodendruck umrechnen.

3 Mittels Lasertelemetrie wurde die Position des Mähreschers über der Messstelle höchst genau bestimmt.

4 Durch die genaue Positionsbestimmung kann jeder Messwert genau einer Stelle unter dem Raupenfahrwerk zugeordnet werden.

5 Die Spuren zeigen: Für jede Messreihe waren 10 Messfahrten notwendig. Diese Werte wichen kaum voneinander ab.

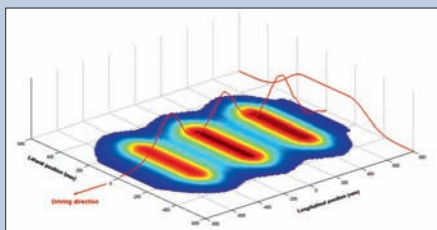
6 Im Sandbett sieht man deutlich, dass die vordere Rolle kaum Gewicht auf den Boden überträgt.

So verteilt sich der Druck über die Fläche

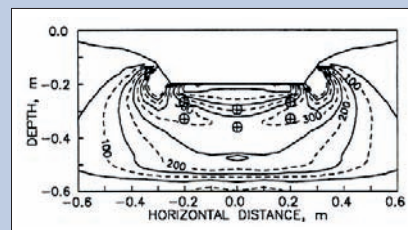
Bei den Messungen wurde die Druckverteilung in Fahrtrichtung gemessen. Um die Druckverteilung über die Aufstandsfläche darzustellen, wurde der Bodendruck quer zur Fahrtrichtung moduliert. Das Modell ergibt sich aus den Erkenntnissen der Druckverteilung im Boden über die so genannte Druckzwibel. Mit ihrer Hilfe lässt sich der Bodendruck in 20 cm Tiefe berechnen. Der Bodendruck kann damit farblich dargestellt werden und zeigt sehr schön die roten Druckspitzen. Zum Rand hin nimmt der Bodendruck ab. Der Reifen und die Raupe wirken über die reine Aufstandsfläche hinaus. Bei der Raupe sieht man deutlich, wie die Druckspitzen auch zu erhöhter Verdichtung im Boden führt. Der Reifen mit einem Luftdruck von 2,2 bar verursacht eine ähnliche Verdichtung nur gleichmäßiger verteilt. Der Reifen mit dem angepassten Fülldruck von 1,4 bar zeigt eine gleichmäßig verteilte, aber geringere Bodenverdichtung in 20 cm Tiefe.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass der Reifen mit IF-Technologie und angepasstem Luftdruck den Boden am wenigsten verdichtet. Der Reifen mit Standardfülldruck und das Raupenfahrwerk liegen gleichauf. Weitere Untersuchungen müssen diesen Trend jedoch noch statistisch absichern. fe

Von blau über gelb hin zu rot nimmt der Bodendruck immer weiter zu.



Rot eingefärbt sind die Zonen mit erhöhtem Bodendruck; sie befinden sich direkt unter den Laufrollen.



Diese Druckverteilung, auch Druckzwibel genannt, findet sich unterhalb eines Reifens im Boden.

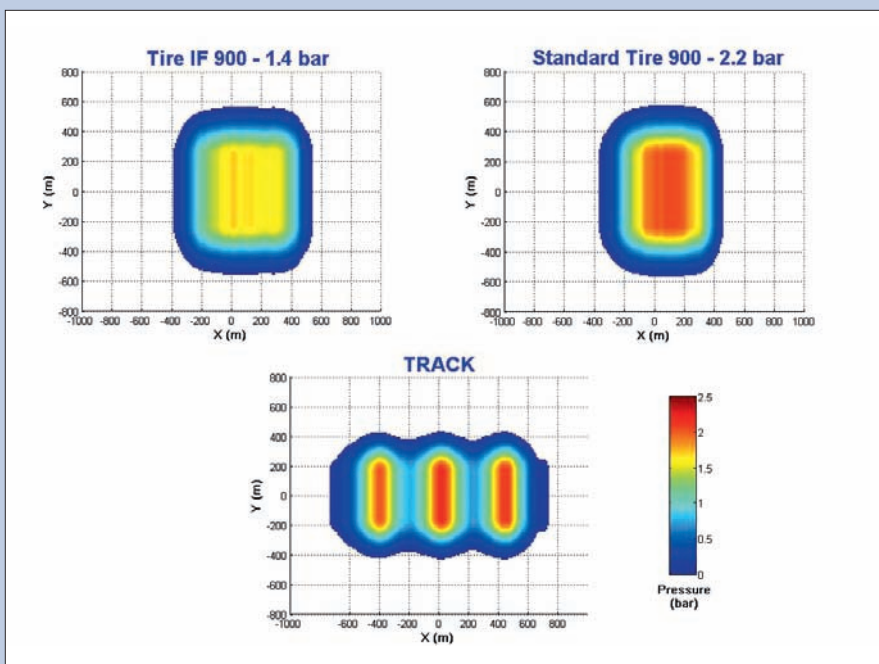


Foto: istea

genau bestimmt. Die Messungen der Waage wurden mit einer Frequenz von 100 Hz durchgeführt.

Darüberhinaus wurden Feldversuche mit Raupe und Rad im Acker durchgeführt und der Bodendruck ermittelt. Siehe Kasten Seite 10 „Bodendruck auf dem Feld“.

Ergebnisse der Messungen auf hartem Untergrund

Beim Rad steigt die Radlast zunächst an, verbleibt auf einer recht gleichmäßigen Höhe und fällt am Ende wieder ab. Ein mit Luft gefüllter Reifen hat also eine gleichmäßigere Druckverteilung über die gesamte Bodenaufstandsfläche. Erwartungsgemäß verringert sich der Bodendruck, wenn der Reifenfülldruck abnimmt und sich die Aufstandsfläche vergrößert. Die Druckspitzen erreichen bis zu 5,7 bar bei 2,2 bar Fülldruck und bis zu 4,3 bar bei 1,4 bar Reifendruck. Doch wie ist es bei der Raupe?

Durch die Konstruktion des Raupenfahrwerks mit den etwas hochgezoge-

nen großen Rollen, ergibt sich die erste Druckspitze beim Überfahren der ersten kleinen Tragrolle, sinkt dann deutlich ab, um dann bei jeder weiteren Rolle wieder deutlich anzusteigen. Die Raupe hat keine gleichmäßige Druckverteilung über die Aufstandsfläche. Die Druckspitzen können genau unter den Laufrollen ausgemacht werden. Die Druckspitzen erreichen bis zu 9 bar und sind mehr als doppelt so hoch wie bei dem Reifen mit dem korrekten Luftdruck von 1,4 bar.

Trotz größerer Aufstandsfläche hat die Raupe höhere Druckspitzen als ein Reifen mit einer relativ gleichmäßigen Druckverteilung über die gesamte Aufstandsfläche auf hartem Untergrund. Die zulässige Achslast von Raupenfahrwerken beträgt 2 t pro Laufrolle; in unserem Fall also 12 t, während angetriebene Achsen mit Reifen maximal 11,5 t tragen dürfen. Geht man von den gemessenen Druckverteilungen aus, schadet eine Raupe der Straße mehr als ein Reifen.

Nun zur Frage, wie verhält sich die Druckverteilung im Boden?

Ergebnisse vom Sandbett


Um den Boden zu simulieren, wurde auf die beiden Brückenwagen ein 20 cm hohes Sandbett geschichtet. Der Sand wurde deshalb gewählt, um wiederholbare Ergebnisse zu bekommen. Ein Stahlrahmen sorgte für die Umrandung. Nach jeder Messreihe wurde der Boden mit einer Kreiselegge 15 cm tief bearbeitet und mit der Packerwalze rückverfestigt. So fanden alle Messungen unter den gleichen Bedingungen statt.

Die Ergebnisse zeigen wieder eine eher gleichmäßige Druckverteilung der Reifen und die drei Druckspitzen der Tragrollen beim Raupenfahrwerk. Allerdings verteilt sich der Druck auf eine größere Fläche. Es gibt keinen so scharf abgegrenzten Druckverlauf. Durch den Sand verteilt sich der Druck auch auf Flächen, die nicht direkt von den Reifen oder der Raupe überfahren wurden.

Hier schneidet der Reifen mit dem Fülldruck von 2,2 bar am schlechtesten ab. Und erreicht in der Spitze einen Bodendruck von 1,8 bar. Die Druckspitzen der Raupe kommen bei der mittleren Rolle auf unwesentlich geringere Werte. Die vordere und hintere Rolle pendeln sich bei 1,6 bar Bodendruck ein. Der IF-Reifen mit dem an das Maschinengewicht angepassten Fülldruck von 1,4 bar schneidet von allen Varianten mit rund 1,45 bar Bodendruck am besten ab. Einschränkend muss erwähnt werden, dass diese Ergebnisse nur einen Trend darstellen. Die Messwerte schwanken um die Mittelwerte stärker, als sich die Mittelwerte unterscheiden. Die Messungen sind daher nicht statistisch eindeutig.

Die Messungen wurden in Fahrtrichtung durchgeführt. Um die Druckverteilung über die gesamte Aufstandsfläche darzustellen, haben die Techniker von Irstea ein Modell bemüht, das davon ausgeht, dass der Druck unter einem Reifen zu den Seiten am Rand abnimmt. In der Reifenmitte ist der Druck über einen weiten Bereich konstant und dann nimmt er zu den Seiten hin ab. Das Modell wurde schon von anderen Wissenschaftlern bestätigt. Diese Berechnungen

Gewichte des Mähreschers							
Mäh-drescher Modell	Ausstattung vorn	Gewicht Vorderachse (kg)	Gewicht Hinterachse (kg)	Gewicht Maispflücker (kg)	Gewicht Korntank (kg)	Gewichtsverhältnis Vorderachse zu Hinterachse	Gesamtgewicht (kg)
CR 9070	Reifen IF 900/60 R38	18.600	5.560	3.040	2.280	77 %	24.160
	Raupenlaufwerk 30"	20.500	5.780	3.040	2.280	78 %	26.280

Gewichte vom New Holland Mährescher mit 8-reihigem Mais-Pflücker und mit 2,3 t beladenem Korntank 

haben wir für Sie in dem nebenstehenden Kasten „So verteilt sich der Druck über die Fläche“ zusammengefasst.

Fazit

Auf hartem Untergrund hat die Raupe keine Vorteile gegenüber dem Reifen, im Gegenteil: bei gleichen Taglasten, schadet die Raupe dem Straßenbelag mehr als ein IF-Reifen mit korrektem Luftdruck. Der Standardreifen ist vom Bodendruck her mit dem Raupenfahrwerk vergleichbar. Auf dem Sandbett liegen Reifen und Raupe nicht so weit auseinander, dass eindeutige Aussagen getroffen werden können. Reifen mit der

IF-Technologie schneiden nur tendenziell besser ab. Auf dem nachgiebigen Boden tragen die Laufbänder auch zwischen den Tragrollen, stützen sich auf den Boden ab und verringern so die Druckspitzen. Die Untersuchungen zeigen aber, dass die landläufige Meinung, Raupen seien bodenschonender als Reifen, nicht stimmt. Bei diesem Vergleich konnte nur ein Raupenfahrwerkstyp getestet werden. Wie sich andere Raupenfahrwerkskonstruktionen verhalten, müssen weitere Tests zeigen. Wie sich Raupe und Rad bei Zugkraft und Kraftstoffverbrauch unterscheiden, müssen weitere Untersuchungen zeigen. fe ■